



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Variación temporal de la diversidad de macroinvertebrados acuáticos en dos zonas de  
la quebrada La Vieja, 2018

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO  
ACADÉMICO DE BACHILLER EN INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR:**

Rojas Gonzales, Jose Armando (0000-0002-4101-0032)

**ASESOR:**

MSc. Villacorta Gonzalez, Misael Ydilbrando (0000-0002-5346-4824)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y gestión de los recursos naturales

Trujillo – Perú

2019

## DEDICATORIA

*A Dios:*

Por darme la oportunidad de vivir, por estar conmigo todo momento, por haberme dado salud, por darme las fuerzas necesarias para lograr mis objetivos.

*A mis padres:*

Por los ejemplos de perseverancia, consejos, valores, y apoyo ya sin ello nada sería posible; pero más que nada, por su amor.

*El autor*

## **AGRADECIMIENTO**

A mi profesor:

MSc. Misael Ydilbrando, Villacorta  
Gonzales por el apoyo incondicional,  
motivación a hacer realidad este proyecto,  
por compartir todos sus saberes y por  
dirigirme en cada etapa que viví a lo largo de  
esta aventura.

*El autor*

## **Página del jurado**

Miembro(a) del jurado: Mg. Misael Ydilbrando Villacorta González

---

Firma

Miembro(a) del jurado: Mg. Cruz Escobedo, Antis Jesús

---

Firma

### **Declaratoria de autenticidad**

Yo, Rojas Gonzales, Jose Armando identificado con DNI N°73200059 estudiante de la escuela profesional de INGENIERIA AMBIENTAL de la Universidad Cesar Vallejo sede TRUJILLO; a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo declaró bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en el presente trabajo de investigación son auténticos y veraces.

Asimismo, asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión de los documentos como de información aportada por lo cual me sometemos a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

---

Rojas Gonzales, Jose Armando  
DNI: 7320059

Trujillo, agosto 16 de 2019

## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
Página del jurado .....	iv
Declaratoria de autenticidad .....	v
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. METODO .....	10
2.1. Tipo y diseño de la investigación .....	10
2.2. Escenario de estudio .....	11
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	12
2.4. Procedimiento.....	12
2.5. Método de análisis de información.....	15
2.6. Aspectos éticos .....	16
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	16
IV. CONCLUSIONES.....	26
V. RECOMENDACIONES .....	27
REFERENCIAS.....	28
ANEXOS .....	33

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Métodos para determinar la calidad del agua usando macroinvertebrados. ...</i>	5
<b>Tabla 2.</b> <i>Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos BMWP/Colombia.</i>	6
<b>Tabla 3.</b> <i>Índice BMWP/Col.</i> .....	6
<b>Tabla 4.</b> <i>Coordenadas de los puntos de muestreo.</i> .....	13
<b>Tabla 5.</b> <i>Calidad del agua de la quebrada La Vieja según la metodología BMWP ajustada por Roldán para Colombia.</i> .....	19

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Métodos para medir la diversidad alfa.</i> .....	7
Figura 2. <i>Diagrama de secuencia de la investigación</i> .....	16
Figura 3. Frecuencia de ordenes en la zona de baja actividad turística de la quebrada La Vieja .....	17
Figura 4. Frecuencia de ordenes en la zona de alta actividad turística de la quebrada la Vieja .....	18
Figura 5. Prueba T para el índice de Margalef entre ambos tramos estudiados de la quebrada la Vieja .....	20
Figura 6. Prueba T para el índice de Simpson entre ambos tramos estudiados de la quebrada La Vieja.....	20
Figura 7. Correlación según el software “R” .....	21
Figura 8. Correlación tramo de alta actividad turística de la quebrada la Vieja.....	21
Figura 9. Correlación tramo de baja actividad turística de la quebrada la Vieja.....	22
Figura 10. Análisis de correspondencia canónico tramo de baja actividad turística de la quebrada la Vieja. ....	24
Figura 11. Análisis de correspondencia canónico tramo de alta actividad turística .....	25
Figura 12. Identificación de familias en el estereoscopio, la familia que se visualiza en la figura con los Chironomidae .....	34
Figura 13. Identificación de familias en el estereoscopio, la familia que se visualiza en la figura con los Lumbriculidae.....	34
Figura 14. Dilución de la muestra en las placas Petri para ser vista posteriormente en el estereoscopio .....	35
Figura 15. Etiquetado de placas con las familias identificadas .....	35
Figura 16. Identificación de familias con ayuda del estereoscopio. ....	36
Figura 17. Recolección de muestras utilizando las redes surber contruidas de manera artesanal. ....	36
Figura 18. Mapa de estaciones de muestreo para ambas zonas, el espacio que no tiene puntos hace mención al ecotono.....	37



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como finalidad determinar cómo varía la diversidad de macroinvertebrados entre una zona de baja actividad turística y una zona con alta actividad turística de la quebrada La Vieja, de marzo a mayo de 2018. Se estableció 13 estaciones de monitoreo por zona, de donde se obtuvieron muestras de macroinvertebrados y parámetros fisicoquímicos. En la zona de baja actividad turística los ordenes más abundantes fueron *Trichopteros* y *Coleopteros*, mientras que en la otra zona los *Trichopteros*. Según el índice BMWP ambas zonas tienen agua de buena calidad.

La prueba T-Student para el índice de Margalef entre las dos zonas, dio como resultado el  $P(T \leq t)$  dos colas 0,000378 por lo que se afirma estadísticamente que existe una variación de diversidad entre ambas zonas; mientras, que la prueba para el índice de Simpson dio como resultado el  $P(T \leq t)$  dos colas 0,428514 por lo que se afirma estadísticamente que no existe una variación de abundancia entre ambas zonas.

Se concluyó que la zona no turística tiene mayor diversidad respecto a la zona turística en la quebrada La Vieja, sin embargo, en ambos tramos estudiados la calidad del agua mediante el índice BMWP es agua de buena calidad.

Palabras Clave: Macroinvertebrados, quebrada La Vieja, índice de Margalef, índice de Simpson,

## ABSTRACT

The purpose of this research was to determine how the diversity of macroinvertebrates varies between an area with a low tourist activity and an area with high tourist activity in the ravine La Vieja, from March 2018 to May 2018. 13 monitoring stations were established per zone where samples of macroinvertebrate- and physicochemical parameters were obtained. In the area with low tourist activity the most abundant groups were *Trichopterous* and *Coleopteros*. While the *Trichopterous* were most abundant in the other area them. According to the BMWP index, both areas have high quality water.

The T-Student test, to get the Margalef index between the two zones, results in the P ( $T \leq t$ ) two tails 0.000378. Which shows that it is statistically stated that there is a variation in diversity between the two zones. Continuously, the Simpson index results in the P ( $T \leq t$ ) two tails 0.428514488, whereby it is statistically stated that there is no variation in abundance between the two zones.

Conclusively, the non-tourist area has greater diversity with respect to the tourist area in the La Vieja ravin. However, the water quality in both areas is of high quality according to the BMWP index.

Keywords: Macroinvertebrates, ravin La Vieja , Margalef index, Simpson index.

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **Realidad problemática**

En la actualidad las personas buscan con mayor frecuencia las zonas verdes de las ciudades para hacer actividades de recreación y ocio. La Organización Mundial de la Salud (OMS), tiene definido un estándar de que por cada habitante se debe tener como mínimo 16 m<sup>2</sup> de área verde. La Alcaldía Mayor de Bogotá en el 2017 afirmó que la ciudad cuenta con menos de 10.15 m<sup>2</sup> de áreas verdes por persona. Es por ello que turistas, residentes y visitantes tienen interés especial en lugares verdes como la quebrada la Vieja, razón por la cual aumenta de manera significativa el ecoturismo.

A raíz de este incremento es que los moradores de la quebrada y “Amigos de la Montaña” presentaron ante la Corporación Ambiental Regional Cundinamarca (CAR) una solicitud para que se realice un estudio, es así que la CAR exigió al ACUEDUCTO que realice un estudio; pero este se basó principalmente en el bienestar del hombre, concluyendo que la quebrada tiene espacios de recreación, hecho que no concuerda con la finalidad con la que fue creada en 1976, como zona forestal y de reserva hídrica de los cerros orientales.

Este estudio causó la inconformidad por parte de los solicitantes. Producto del ecoturismo mal practicado, la quebrada se ve afectada por la mala gestión de residuos sólidos, contaminación (suelo, agua y aire), mal uso de suelo, etc. Estos conllevan a un cambio en la característica del agua, en la diversidad y distribución de los macroinvertebrados. Es por ello es interés de ver cuál es la variación de macro invertebrados entre 2 zonas de la quebrada la vieja.

### **Trabajos previos**

Ortiz en el 2005, en su investigación “La bioindicación de la calidad del agua: importancia de los macroinvertebrados en la cuenca alta del río Juan Amarillo, Cerros Orientales de Bogotá” determinó que la familia *Chironomidae* conforma el 50% de la estructura comunitaria del río.

Rodríguez, Ospina, Gutiérrez y Ovalle en el 2007, en su investigación “Densidad y biomasa de macroinvertebrados acuáticos derivantes en una quebrada tropical

de montaña (Bogotá, Colombia)”, estimaron como varia la densidad de macroinvertebrados en época de bajas y altas lluvias en un tramo de una quebrada en los Cerros Orientales de Bogotá. La mayor densidad de deriva la obtuvieron los Dípteros (*Quironómidos*) y los ácaros; mientras que los mayores aportadores de biomasa a la deriva fueron los *Tricópteros* (*Triplectides*).

Castellanos y Serrato en el 2008, en su investigación “Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en un nacimiento de río en el páramo de Santurbán, Norte de Santander”, determinaron la diversidad de macroinvertebrados entre el mes de setiembre de 2005 y febrero de 2006, donde encontraron una comunidad de macroinvertebrados de 63 taxones, pertenecientes a 30 familias y 12 órdenes, de los cuales orden *Díptera* fue el más diverso.

Mancilla, Valdovinos, Azocar, Jorquera y Figueroa en el 2009, en su investigación “Efecto del reemplazo de la vegetación nativa de ribera sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en arroyos de climas templados, Chile central”, determinaron que la complejidad y estructura de los sistemas fluviales depende del aporte de materia orgánica de vegetación ribereña. Concluyeron que las actividades humanas han alterado altamente el paisaje ribereño, afectando a la estructura y composición de las comunidades acuáticas.

Roldán en el 2009, en su investigación “Desarrollo de la limnología en Colombia: cuatro décadas de avances progresivos”, realizó una recopilación histórica de los estudios limnológicos en Colombia desde los años setenta en adelante. Analizó las características biológicas y fisicoquímicas y valoró qué tanta información se tiene de cada uno de los ecosistemas acuáticos. Concluyó que en las últimas cuatro décadas se evidencia un gran avance, pero aún falta mucho trabajo por realizar.

Moreno, Barragán, Pineda y Pavón en el 2011, en su investigación “Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas” mostraron que las medidas de diversidad verdadera nos permiten interpretar de manera más fácil e intuitiva la comparación de la diversidad de especies.

Patiño en el 2015, en su tesis “Evaluación de la calidad del agua por medio de bioindicadores macroinvertebrados acuáticos en la quebrada La Vieja”, determinó la calidad de agua usando macro invertebrados acuáticos. Uso la metodología BMWP y los índices de diversidad. Concluyó que en el tramo de estudiado el agua obtiene calidad de agua buena, para el tramo de la zona urbana la calidad baja.

Roldan en el 2016, en su investigación “Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica”, afirmó que la comunidad mejor estudiada de macroinvertebrados en Colombia es la entomofauna, de la cual los órdenes más conocidos en cuanto a taxonomía, ecología y su utilización como bioindicadores son los *Ephemeroptera*, *Plecoptera* y *Trichoptera*. El índice BMWP, desarrollado en el siglo XX en Europa, es popular Latinoamérica, especialmente en Colombia, pero para su aplicación es necesario hacerle adaptaciones de acuerdo al lugar donde se use.

Custodio y Chanamé en el 2016, en su investigación “Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú”. Muestrearon macro invertebrados y parámetros fisicoquímicos en tres sectores y en dos épocas contrastantes. Identificaron 4 *phyla*, 7 clases, 12 órdenes y 26 familias de macroinvertebrados bentónicos. Concluyeron que la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos se ven significativamente afectados por las aguas residuales urbanas y de las actividades pecuaria.

### **Teorías relacionadas**

**Macro invertebrados acuáticos bentónicos (MAB):** Organismos que carecen de espina dorsal y perceptibles por el ojo humano; pero para su identificación es necesario usar el estereoscopio. Son importantes por su utilidad como indicadores biológicos en los estudios de los ecosistemas acuáticos (Roldán, 2003).

Organismos que, debido a sus características, son eficientes bioindicadores de calidad de agua (Palomino, 2016).

**Calidad del agua:** depende del tipo de uso que tendrá, sin embargo, se usa para describir sus características biológicas y fisicoquímicas (OMS, 2006).

**Oxígeno disuelto:** Hace posible vida de todos los organismos acuáticos aerobios en el agua. Es Poco soluble en el agua. Las concentraciones de O.D dependen de la actividad física, química y biológica en un cuerpo de agua; las turbulencias o cualquier otro mecanismo físico que facilite el contacto del aire con el agua favorece la disolución del O<sub>2</sub> (Lampert, 1997).

Mayores concentraciones de OD indica mayor diversidad y por lo tanto un ecosistema saludable. Concentraciones bajas de OD indican un ecosistema no saludable (LaMotte, 2010).

**pH:** Mide la basicidad y/o acidez de una sustancia. Las especies acuáticas viven entre un pH 5 a 9, fuera de este rango puede resultar dañino para la vida acuática. (LaMotte, 2010).

**Conductividad eléctrica:** Es la capacidad del medio para ser conductor la corriente eléctrica (Calderón, 2002).

**Turbidez:** Dificultad de transmitir la luz por acción de materiales coloidales o muy finos, insolubles en suspensión presentes en el agua (Samboni, Carvajal y Escobar, 2011).

**Temperatura:** Influye tanto en el desarrollo de la vida acuática como sobre otros indicadores de calidad del agua (Dirección General de Salud).

**Sólidos totales disueltos:** Son pequeñas cantidades de materia orgánica disueltas en el agua y sales inorgánicas (OMS, 2006).

**Métodos para determinar la calidad del agua a través de la Bioindicación:**

Empezó en Europa a mitad del siglo XIX, cuando se encontró la relación entre ciertas especies y la calidad del agua. Se describen los métodos en la Tabla 1.

**Tabla 1.** *Métodos para determinar la calidad del agua usando macroinvertebrados.*

País	Método de indicación	Muestreo	Análisis	Identificación <sup>1</sup>	Estándar <sup>2</sup>	Rango
Bélgica	B B I	Cualitativo	Cualitativo	O F G	N	0-10
Dinamarca	D F I	Cualitativo	Cualitativo	F G S	N	1-4
Francia	I B G N	Cuant/Cual	Cualitativo	F	N	0-20
Alemania	B E O L / S	Cualitativo	Cuantitativo	S	N	0-100/1-4
Irlanda	Q – rating	Cualitativo	Cualitativo	F G S	N	0-5
Italia	E B I	Cualitativo	Cualitativo	O F G	R	0-14
Luxemburgo	I B	Cualitativo	Cualitativo	O F	N	0-10
Holanda	K 135	Cualitativo	Cualitativo	F G S	R	100-500
Portugal	B B I	Cualitativo	Cualitativo	O F G	-	0-10
España	BMWP'	Cualitativo	Cualitativo	F	-	0->150
Reino Unido	BMWP/ASPT	Cualitativo	Cualitativo	F	N	0->150/0-10

<sup>1</sup>O = Orden, F = Familia, G = Genero, S = Especie

<sup>2</sup>N = Nacional, R = Regional

Fuente: Roldán, 2016.

**Índice BMWP:** El Biological Monitoring Working Party (BMWP) desarrollado a partir de 1970 en Inglaterra, método rápido y sencillo que usa macroinvertebrados como bioindicadores para determinar la calidad del agua. Usa datos cualitativos de la identificación del nivel taxonómicos de familia. El puntaje se encuentra entre el intervalo de 1 - 10 dependiendo de la tolerancia de cada familia a la contaminación. El puntaje total BMWP, representa la suma de los puntajes de todas las familias (Roldan, 2003).

Roldan en 1988 publicó la primera clave para la identificación de macroinvertebrados acuáticos. En 1992 publicó el libro Fundamentos de Limnología 24 Neotropically posteriormente adaptó la metodología BMWP para Colombia (Roldán, 1988, 1999).

**Tabla 2. Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos  
BMWP/Colombia**

Familias	Puntajes
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnassiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Hydropsychidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydraenidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae,	2
Tubificidae	1

Fuente: Roldán, 2003.

**Tabla 3. Índice BMWP/Col.**

Clase	Calidad	BMWO/Col.	Significado	Color
<i>I</i>	Buena	>150, 120 – 101	Aguas muy limpias a limpias	Azul
<i>II</i>	Aceptable	61 - 100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
<i>III</i>	Dudosa	36 - 60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
<i>IV</i>	Critica	16 - 35	Aguas muy contaminadas	Naranja
<i>V</i>	Muy Critica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: Roldan, 2003.

**Medición de la diversidad alfa:** Los métodos se diferencian por las variables biológicas que miden:

- En función de la riqueza, se usan métodos que cuantifican el número de especies.
- En función de la abundancia, se estudia la estructura de la comunidad, la distribución proporcional del valor de importancia de cada especie.

Los índices resumen la información en un valor, el cual permite hacer comparaciones, que se comprueban estadísticamente.



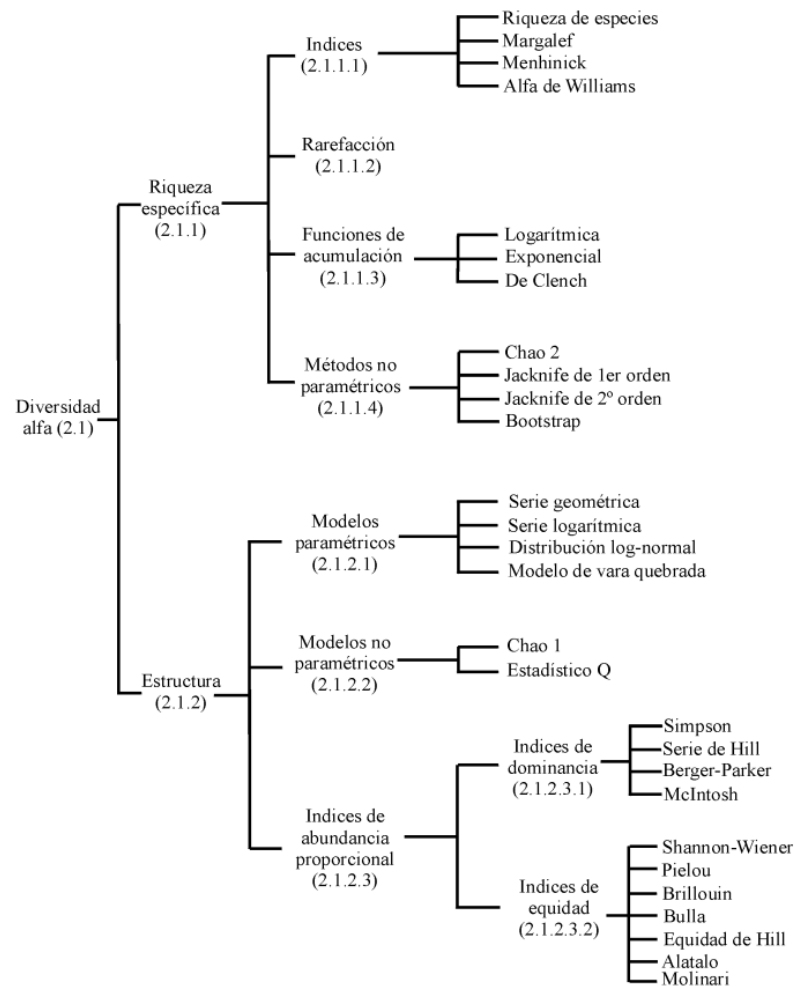


Figura 1. *Métodos para medir la diversidad alfa.*

Fuente: Moreno, 2001.

**Índice de diversidad de Margalef (modificado):** Supone una relación entre el número de familias y el total de individuos (Moreno, 2001).

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N} \quad (1)$$

Donde:

S = Número de Familias.

N= Número total de Individuos.

**Índice de Simpson (modificado):** Definido como la probabilidad de que dos familias elegidas al azar de una muestra sean de un mismo orden (Grabchak y Marcon, 2017).

$$S = \frac{1}{\sum \left( \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \right)} \quad (2)$$

Donde:

S = Índice de Simpson.

$n_i$  = Número de familias.

N= Número total de individuos.

### **Formulación del problema**

¿Cómo varía la diversidad de macro-invertebrados acuáticos entre una zona con poca actividad turística y otra con alta actividad en la quebrada La Vieja de marzo a mayo de 2018?

### **Justificación**

Los cerros orientales son los pulmones de Bogotá, además de por ser un lugar estratégico porque ahí nacen ríos y quebradas, pero estos a su vez sufren por el crecimiento urbano. Debido a todos los problemas de contaminación que aquejan a la quebrada la Vieja, los moradores solicitaron a la CAR que realice un estudio, este a su vez remitió la solicitud al Acueducto de Bogotá. La finalidad del estudio que realizaron se basó en el uso de la reserva para las actividades recreativas y no en su finalidad por la que fue creada como reserva hídrica y forestal. Motivado por estas razones surge el interés de ver cómo varía la diversidad temporal de macro invertebrados entre una zona de baja actividad turística y en una zona de alta actividad en la quebrada la vieja, entre los meses de marzo a mayo de 2018.

### **Hipótesis**

H<sub>0</sub>: La diversidad temporal de macro-invertebrados acuáticos no disminuye en una zona de alta actividad turística en la quebrada La Vieja de marzo a mayo de 2018.

H<sub>1</sub>: La diversidad temporal de macro-invertebrados acuáticos disminuye en una zona de alta actividad turística en la quebrada La Vieja de marzo a mayo de 2018.

### **Objetivos**

**Objetivo general**

Determinar cómo varía la diversidad temporal macro-invertebrados acuáticos en dos tramos de la quebrada La Vieja, entre una zona de baja actividad turística y una zona con alta actividad turística de marzo a mayo de 2018.

**Objetivos específicos**

- Determinar la diversidad de macro-invertebrados acuáticos en una zona de alta actividad turística y una zona de baja actividad de la quebrada La Vieja, de marzo a mayo de 2018.
- Comparar la calidad de agua en la zona con alta actividad turística y una zona con baja actividad de la quebrada La Vieja, de marzo a mayo de 2018 mediante la metodología BMWP.
- Determinar parámetros fisicoquímicos en la zona alta actividad turística y la zona de baja actividad de marzo a mayo de 2018 en la quebrada La Vieja.

## II. METODO

### 2.1. Tipo y diseño de la investigación

#### Tipo de investigación

Aplicada.

#### Nivel de la investigación

Descriptivo.

#### Método

Deductivo.

#### Diseño

No experimental trasversal.

#### Variables

##### Variable independiente

- Actividad turística.

##### Variable dependiente

- Diversidad de macro invertebrados.

#### Operacionalización de variables

Variable	Conceptualización	Operacionalización	Indicadores	Escala
Actividad turística	Son actividades turísticas encaminadas que desarrolla el turista en su tiempo ocio y/o vacacional, comprende toda una serie de productos, servicios y actividades (Gobierno de Canarias).	Actividades que realizan los turistas en la quebrada la Vieja, influenciado por la accesibilidad.	Presencia de familias.  Ausencia de familias	Cualitativa
Diversidad de macro invertebrados	Son organismos sin espina dorsal y perceptibles por el ojo humano (Roldán, 1998).	Son organismos utilizados como indicadores biológicos de calidad de agua en la quebrada la Vieja	Taxonomía (familia)	De razón

## 2.2.Escenario de estudio

### Muestra

Se calculó el área de cada una de las zonas con ayuda del Software ArcMap; para ambos tramos, en las zonas estudiadas la quebrada tiene un ancho promedio de 5 m, en la zona de alta actividad turística el área es de 278,97 m<sup>2</sup>, mientras que de la zona de baja actividad turística el área es de 100,91 m<sup>2</sup>. Como el área de las redes surber es de 0.09 m<sup>2</sup>, se tomó el área total de cada una de las áreas de estudio y se dividió entre el área que tiene la red, obteniendo así la población de sub áreas de cada una de las zonas, la cual en la fórmula tomo el valor de N, el nivel de confianza que se tomo fue de 90% con un error máximo admisible del 10%, una probabilidad de éxito del 95% y una probabilidad de fracaso del 5%, así se determinó el número de muestras, a continuación se encuentra el desarrollo de la fórmula estadística para cada una de las zonas.

### Zona baja actividad turística

$$Subáreas = \frac{\text{Área de la zona}}{\text{Área de la red}} = \frac{100,91m^2}{0.09m^2} = 1121,2222$$

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q} \quad (3)$$

Donde:

N = tamaño de la población.

Z = nivel de confianza.

P = probabilidad de éxito.

Q = probabilidad de fracaso.

D = error.

$$n = \frac{1121,2222 \times 1,652^2 \times 0.95 \times 0.05}{0.1^2 \times (1121,2222 - 1) + 1,652^2 \times 0.95 \times 0.05} = 12,826$$
$$n \cong 13$$

Se tomaron 13 muestras en la zona de actividad turística baja.

### **Zona de actividad turística alta.**

$$Subáreas = \frac{\text{Área de la zona}}{\text{Área de la red}} = \frac{278,971m^2}{0.09m^2} = 3099.67778$$

$$n = \frac{3099.67778 \times 1,652^2 \times 0.95 \times 0.05}{0.1^2 \times (3099.67778 - 1) + 1,652^2 \times 0.95 \times 0.05} = 12,913$$

$$n \cong 13$$

Se tomaron 13 muestras en la zona de alta actividad turística.

### **Tipo de muestreo**

Por conveniencia dado a la accesibilidad de la quebrada, empozamientos, vertimientos y caídas de agua.

## **2.3.Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La técnica usada fue la de la ficha de observación.

## **2.4.Procedimiento**

### **Método de obtención de datos**

#### **Reconocimiento del lugar de estudio**

Se hizo una evaluación preliminar de ambos tramos en la quebrada La Vieja, con el fin de determinar los límites de las áreas a considerar. Se usó un flexómetro y un GPS, esta visita ayudó a determinar el inicio y fin de ambos tramos, considerando el tránsito de personas con fines deportivos o turísticos, la presencia de vertimientos y contaminación por residuos sólidos. Con el flexómetro se midió la longitud del espejo de agua de la sección transversal de la quebrada cada cinco metros para así tener una longitud promedio y poder calcular el área. En cuanto al ecotono que es la zona de transición entre la zona de actividad turística alta y la de actividad turística baja, se consideró en campo en donde inicia y dónde termina. Se determinó cuáles eran los puntos de muestreo.

**Tabla 4 .***Coordenadas de los puntos de muestreo.*

Punto	Zona de actividad turística baja		Zona de actividad turística alta	
	Este	Norte	Este	Norte
1	605 553.00	514 019.00	605 325.00	514 200.00
2	605 553.00	514 026.00	605 330.00	514 201.00
3	605 551.00	514 027.00	605 340.00	514 201.00
4	605 549.00	514 029.00	605 347.00	514 201.00
5	605 547.00	514 030.00	605 352.00	514 197.00
6	605 545.00	514 034.00	605 354.00	514 192.00
7	605 542.00	514 040.00	605 353.00	514 186.00
8	605 540.00	514 044.00	605 355.00	514 182.00
9	605 536.00	514 047.00	605 360.00	514 179.00
10	605 532.00	514 053.00	605 371.00	514 175.00
11	605 531.00	514 063.00	605 375.00	514 173.00
12	605 530.00	514 073.00	605 390.00	514 166.00
13	605 526.00	514 086.00	605 398.00	514 164.00

Fuente: Elaboración propia.

### **Construcción de redes surber**

Se recolecto los macroinvertebrados usando la red surber, la cual, sigue con la estructura de número de muestra, en donde se toma como base el área del estudio, además se acopla adecuadamente al tipo de sustrato rocoso identificado en la visita previa. Esta red tiene la característica de muestrear un área determinada del fondo del cuerpo de agua. (Custodio y Chanamé, 2016). Se elaboró 4 redes, con materiales como PVC y tela de toldillo, las medidas de las redes fueron de 30 x 30 cm, es decir 0,09 m<sup>2</sup>

### **Preparación de materiales para muestreo**

Se preparó la mezcla M3 que contenía: ácido acético, formol y yoduro de potasio; además alcohol al 75% o 95 % con agua para mantener las muestras preservadas de la mejor manera, bolsas ziploc y un cooler con gel frío para

mantenerlas en un promedio de 4°C. Para el registro y control de cada una se diseñó formatos y etiquetas.

### **Muestreo de agua según el tipo de subsuelo y preservación de la muestra**

El método que se usó para la recolección o el muestreo de agua fue simple o puntual el cual consistió en tomar una única muestra representativa del lugar o de cada estación establecida. Para la preservación de la muestra se requirió un control y vigilancia adecuada. Se tuvo que mantener las muestras recolectadas a una temperatura de 4° C y el tiempo que puede tardar en llegar la muestra al laboratorio debe ser máximo de 2 días.

### **Medición de parámetros en campo**

Se midió el: pH, T, conductividad, OD, y STD; con el multiparámetro HANNA – HI9829–00042.

### **Método de muestreo de macroinvertebrados bénticos**

La zona de estudio corresponde a un ambiente de aguas poco profundas y la finalidad del estudio es una caracterización cuantitativa, se usó una red surber de 0,09 m<sup>2</sup> de área. Se usó las metodologías propuestas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Ministerio del Ambiente de Perú (MINAM), Nugra y Tubiá.

Se colocó la red surber en contra de la corriente, teniendo cuidado de no agitar el sustrato corriente arriba de la red. Se removió el material del fondo con las manos. Esta operación se repitió tres veces en cada estación de muestreo. En el caso de las estaciones ubicadas en zonas donde no favoreció el caudal, el bento fue colectado con la mano, donde hubo piedras, el bento fue removido con las manos. Las muestras recolectadas se transfirieron al recipiente. Se lavó la red después de cada uso (IDEAM, 2006; MINAM, 2014; Nugra et al., 2016 y Tubiá, et al., 2016).

### **Preservación y cuidados de macroinvertebrados.**

Para la fijación de los macroinvertebrados se usó reactivos como formol al 5 %, alcohol al 75 % o 95 %, lugol y mezcla de formol, ácido acético (CH<sub>3</sub>COOH), y yoduro de potasio (KI), esta mezcla se conoce como M3.



## **Procedimientos de laboratorio para identificar los macroinvertebrados**

El procedimiento en el laboratorio se divide en 2 secciones:

**Pre-identificación:** Consistió en cambiar el reactivo de fijación cuando se llegó al laboratorio. Luego de cambiar el reactivo se procedió a tomar cada una de las muestras poniéndolas en cajas de Petri revisando con ayuda del estereoscopio y así tomar los macroinvertebrados y agruparlos en un recipiente pequeño con mezcla de agua y alcohol al 75%.

**Identificación de macroinvertebrados:** Se tomó el recipiente en el que se deseaba clasificar los macroinvertebrados y en una laminilla seca se fueron agregando los individuos añadiéndole una o dos gotas de agua para hidratarlo y así no dañar los miembros que lo componen.

### **Índices de diversidad y abundancia**

**Índice de Margalef:** Se calculó usando la ecuación 1.

**Índice de Simpson:** Se calculó usando la ecuación 2.

### **Puntaje BMWP**

Para determinar el puntaje de BMWP, en cada uno de las zonas, se tuvo conocimiento de cada una de las familias presentes en cada una de las zonas. Para cada zona se hizo un listado de las familias y se le asignó un valor numérico mediante BMWP a cada una de las familias, posterior a esto se sumaron todos los valores de la zona y se le asignó una clase de acuerdo al índice, el cual indica cual es la calidad del agua.

## **2.5.Método de análisis de información**

Se hizo estadística descriptiva para luego elaborar diagramas de torta con las familias encontradas en cada uno de los tramos. Para la comparación estadística entre valores de diversidad y abundancia entre zonas haciendo uso de la prueba T-Student, y la relacionar la presencia de las familias encontradas entre las zonas con los factores físico-químicos, se usó el análisis de correspondencia canónica. Par ello se usó el software estadístico “R” y Excel.

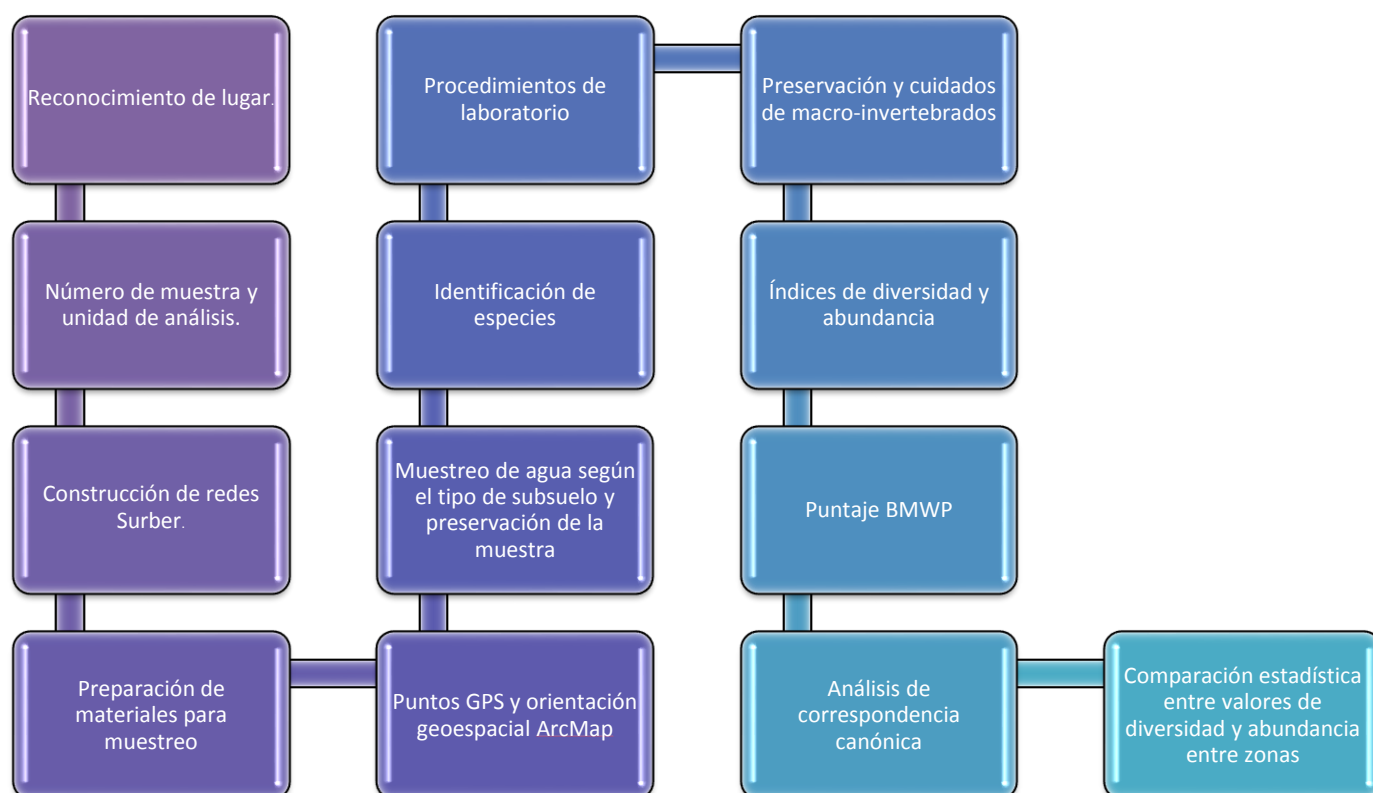


Figura 2. *Diagrama de secuencia de la investigación*

Fuente: Elaboración propia.

## 2.6. Aspectos éticos

La investigación fue realizada sin perjuicio del medio ambiente, de la misma forma los datos obtenidos en el laboratorio de la Universidad Santo Tomas de Colombia no fueron manipulados, así como también toda la información utilizada en la presente investigación está debidamente citada y/o referencia para evitar algún tipo de copia.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

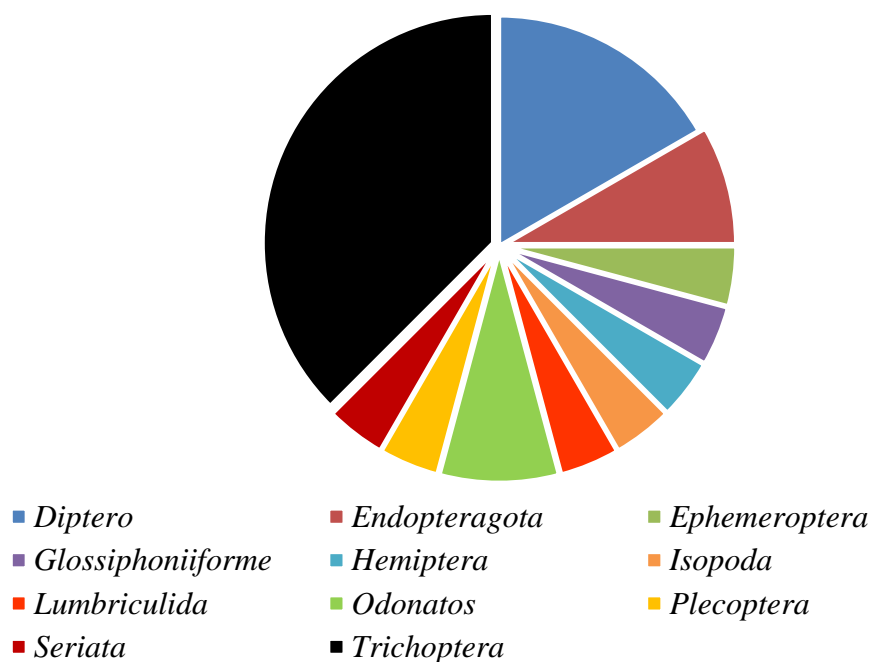
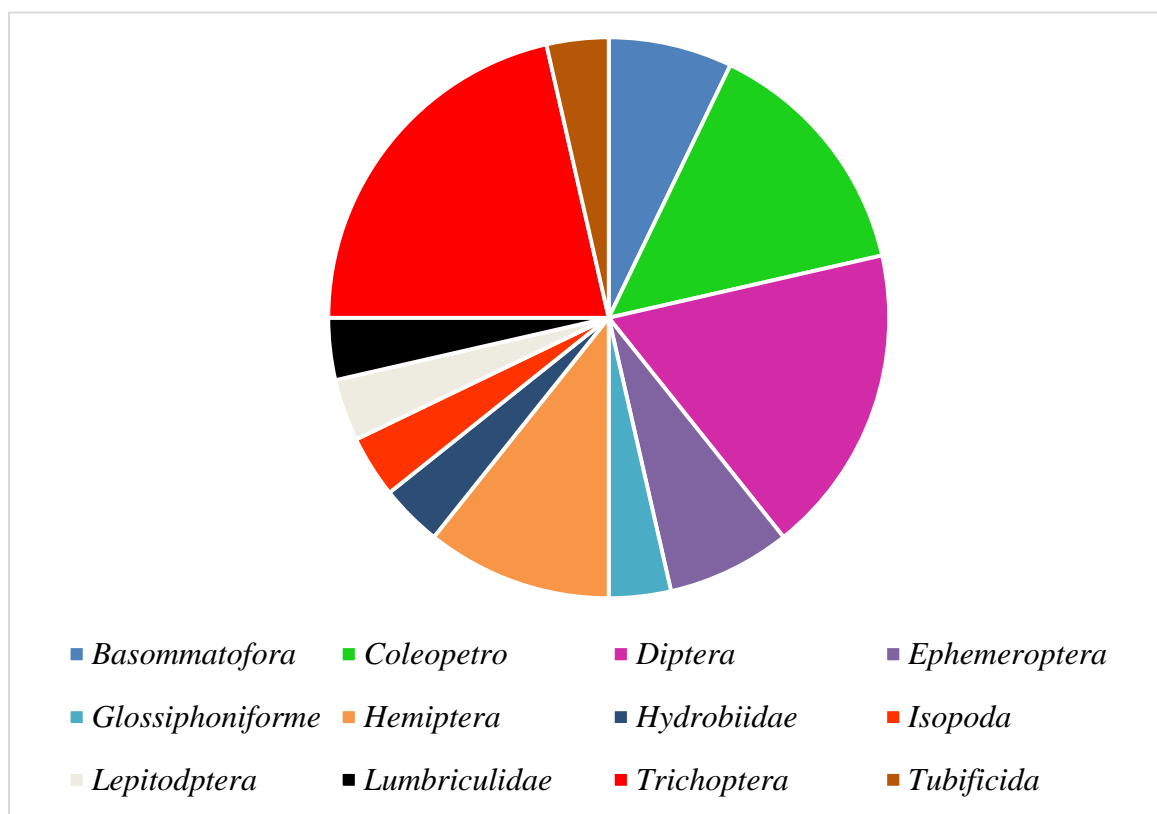


Figura 3. Frecuencia de ordenes en la zona de actividad turística baja de la quebrada La Vieja

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 3, los porcentajes más altos en el tramo con baja actividad turística fueron: *Trichopteros* y *Coleopteros*, haciendo entre los 2 ordenes el 51 % de la población total de individuos identificados. En esta zona se encontraron 11 órdenes que son los *Dipteros*, *Endopteragota*, *Ephemeropteros*, *Hemipteros*, *Glossiphoniiforme*, *Isopoda*, *Lumbriculidae*, *Odonatos*, *Plecopteros*, *Seriata* y *Trichoptera*. En esta zona se encontró menor cantidad de individuos por familia.



*Figura 4.* Frecuencia de ordenes en la zona de actividad turística alta de la quebrada la Vieja


Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4, los porcentajes más altos en el tramo de alta actividad turística fueron los de los órdenes *Trichoptero* y *Díptero* haciendo entre los 2 ordenes el 39 % de la población total de individuos identificados. En esta zona se encontraron 12 órdenes que son los *Basommatofora*, *Coleopetro*, *Dipteros*, *Ephemeropteros*, *Glossiphoniiforme*, *Hemiptera*, *Hydrobiidae*, *Isopoda*, *Lepitodptera*, *Lumbriculidae*, *Trichoptera* y *Tubificida*. En esta zona se encontró mayor cantidad de individuos por familia.

En la figura 3 y 4, los porcentajes más altos en el tramo de alta actividad turística fueron los de los órdenes *Trichoptero* y *Díptero* y en el de baja actividad turística fueron *Trichopteros* y *Díptero*, esto tiene coherencia con la investigación de Patino donde evalúa la calidad del agua por medio de bio-indicadores macro invertebrados acuáticos en la quebrada La Vieja. El orden *Díptera* fue el orden que obtuvo mayor número de individuos, esto se debe a que se encuentran en diferentes hábitats, como lo dice Roldan en el año 1999, Castellanos y

colaboradores en el año 2002. De este orden la familia con más número de individuos fue la *Chironomidae*, constituyendo el 71,81% dato que se asemeja a los estudios realizados por Rodríguez y colaboradores en el año 2007, y Lozano en el año 2015. La abundancia de la familia *Chironomidae*, es porque pueden vivir en rangos muy amplios de pH, temperatura, concentración de oxígeno o salinidad, como también adaptarse a distintos tipos de sustrato, corriente, profundidad, disponibilidad de alimento. La gran amplitud ecológica exhibida que tiene se debe a una amplia serie de adaptaciones fisiológicas, morfológicas y de comportamiento; tal como lo dice Roldan en el año 1999.

**Tabla 5.** *Calidad del agua de la quebrada La Vieja según la metodología BMWP ajustada por Roldán para Colombia.*

SECTOR	PUNTAJE BMWP	CLASE	CALIDAD	SIGNIFICADO	COLOR
<b>TURÍSTICO</b>	153	I	Buena	Aguas muy limpias	
<b>NO TURÍSTICO</b>	194	I	Buena	Aguas muy limpias	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 5, la calidad del agua según la metodología BMWP es buena para ambas zonas en estudio; a pesar de ello claramente la zona con baja actividad turística tiene un mayor puntaje según la metodología implementada lo que quiere decir que la calidad del agua es mejor que la de la zona de alta actividad turística. Los resultados coinciden con lo afirmado por Patiño y Lozano ambos en el año 2015.

Índice de Margalef		
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	<i>No Turístico</i>	<i>Turístico</i>
Media	2,15898202	1,280809326
Varianza	0,2309605291	0,0514318190
Observaciones	13	13
Varianza agrupada	0,1411961741	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	24	
Estadístico t	5,958338092	
P(T<=t) una cola	0,00000188760	
Valor crítico de t (una cola)	1,71088208	
P(T<=t) dos colas	3,78E-06	
Valor crítico de t (dos colas)	2,063898562	

*Figura 5.* Prueba T para el índice de Margalef entre ambos tramos estudiados de la quebrada la Vieja

Fuente: Elaboración propia.

La prueba T-Student para el índice de Margalef (diversidad) entre las 2 zonas de estudio, da como resultados el P(T<=t) dos colas 0,000378, el cual es menor a 0,05, por lo que se afirma estadísticamente que existe una variación de diversidad entre las 2 zonas.

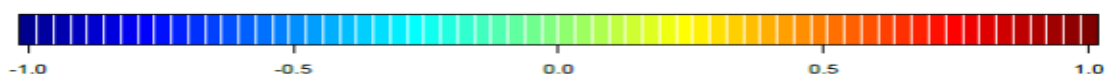
Índice de Simpson		
Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	<i>No Turístico</i>	<i>Turístico</i>
Media	0,4805024287	0,5241674254
Varianza	0,02225775759	0,0159561064
Observaciones	13	13
Varianza agrupada	0,0191069320	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	24	
Estadístico t	-0,8053684844	
P(T<=t) una cola	0,214257244	
Valor crítico de t (una cola)	1,71088208	
P(T<=t) dos colas	0,428514488	
Valor crítico de t (dos colas)	2,063898562	

*Figura 6.* Prueba T para el índice de Simpson entre ambos tramos estudiados de la quebrada La Vieja.

Fuente: Elaboración propia.

La prueba T-Student para el índice de Simpson (abundancia) entre las 2 zonas de estudio, da como resultados el  $P(T \leq t)$  dos colas 0,428514488, el cual es mayor a 0,05, por lo que se afirma estadísticamente que no existe una variación de abundancia entre las 2 zonas.

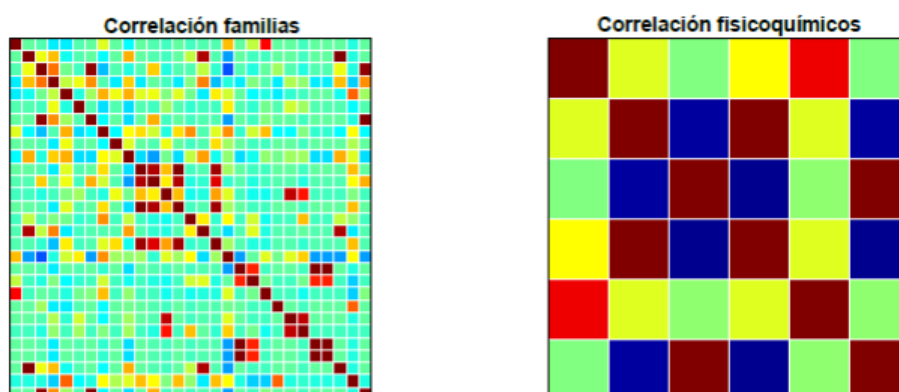
En la figura 05 y 06, la prueba T-Student para el índice de Margalef (diversidad) entre las 2 zonas de estudio, dio que existe una variación de diversidad entre las 2 zonas. Mientras que la prueba T-Student para el índice de Simpson (abundancia), dio que no existe una variación de abundancia entre las 2 zonas. Esto se debe a que la desviación estándar entre los datos es muy pequeña. Pero si comparamos entre tramo y tramo encontraremos que, si existe una variación, pues se cumple un principio de la ecología que a mayor diversidad menor abundancia, dicho por Moreno y colaboradores en el año 2011.



*Figura 7.* Correlación según el software “R”.

Fuente: Elaboración propia.

El software estadístico R, arroja como resultado figuras para la prueba estadística de correlación, el color rojo oscuro la correlación positiva (1), el color azul fuerte la correlación negativa de (-1) el color verde indica que no existe correlación (0).



*Figura 8.* Correlación tramo de alta actividad turística de la quebrada la Vieja.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 8, en la zona de alta actividad turística hay familias con correlación positiva, es decir los valores tienden a 1, tal es el caso de la familia *Helicopsychoidea* con la *Leptoceridae* con una correlación de 0,92; así mismo la familia *Hydrophilidae* con la *Leptoceridae* que tiene una correlación de 0,92 es decir que en la presencia de una de estas familias la otra también tendrá presencia en el mismo cuerpo de agua. Por otra parte, las familias con correlación negativa que tienden a -1 indican una alta relación, pero inversa, tal es el caso de la familia *Tubificidae* con *Calamoceratidae* teniendo un valor de -0,95; así mismo la familia *Chironomidae* con la *Calamoceratidae* teniendo un valor de -0,92; lo que quiere decir que si alguna de estas familias está presente en el cuerpo de agua la otra familia no tendrá presencia pues sus puntajes de BMWP son opuestos. En el caso de las familias que tienden a 0 sea – o + la relación que poseen con las demás familias es adaptable ya que pueden tener presencia con cualquier otra familia.

Para el caso de los parámetros físico-químicos, la conductividad y los sólidos totales disueltos tuvieron una correlación positiva de 0,9999; el %OD con la Conductividad tuvo una correlación negativa de -0,96, igual que %OD con Sólidos totales disueltos -0,96, la temperatura tuvo una correlación negativa con OD, siendo de -0,78. Lo que quiere decir que se encuentran altamente relacionados los unos a los otros.

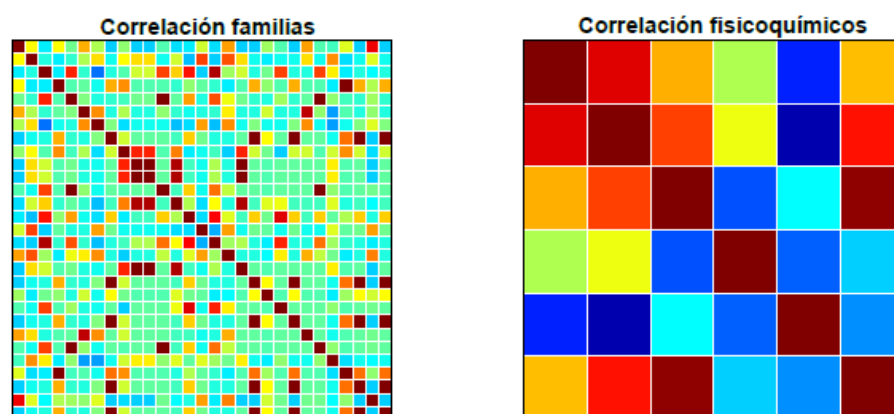


Figura 9. Correlación tramo de baja actividad turística de la quebrada la Vieja.

Fuente: Elaboración propia.



En la figura 9, en la zona de baja actividad turística hay familias con correlación positiva, es decir los valores tienden a 1, tal es el caso de la familia *Helicopsychoidea* con la *Chironomidae* con una correlación de 0,97; así mismo la familia *Calamoceratidae* con la *Leptoceridae* que tiene una correlación de 0,95 es decir que en la presencia de una de estas familias la otra también tendrá presencia en el mismo cuerpo de agua. Por otra parte, las familias con correlación negativa que tienden a -1 indican una alta relación, pero inversa, tal es el caso de la familia *Tubificidae* con *Dysticidae* teniendo un valor de -0,92; así mismo la familia *Blephariceridae* con la *Lumbriculidae* teniendo un valor de -0,84; lo que quiere decir que si alguna de estas familias está presente en el cuerpo de agua la otra familia no tendrá presencia pues sus puntajes de BMWP son opuestos. En el caso de las familias que tienden a 0 sea – o + la relación que poseen con las demás familias es adaptable ya que pueden tener presencia con cualquier otra familia. Para el caso de los parámetros físico-químicos, la conductividad y los sólidos totales disueltos tuvieron una correlación positiva de 0,95; el %OD con la temperatura tuvo una correlación negativa de -0,93. Lo que quiere decir que se encuentran altamente relacionados los unos a los otros.

En la figura 8 y 9, los sólidos totales disueltos y la conductividad en ambos tramos tuvieron correlación positiva. El OD con STD en el tramo no turístico tuvieron alta correlación negativa, puesto que son índices opuestos de calidad del agua, como lo dice Samboni en el año 2007. Las familias que tengan correlación positiva, se registrarán por el siguiente patrón que en la presencia de una de estas familias la otra también tendrá presencia en el mismo cuerpo de agua, dicho por Roldan en el año 2016; de la misma manera las familias con correlación negativa seguirán el patrón, si alguna de estas familias está presente en el cuerpo de agua la otra familia no tendrá presencia.

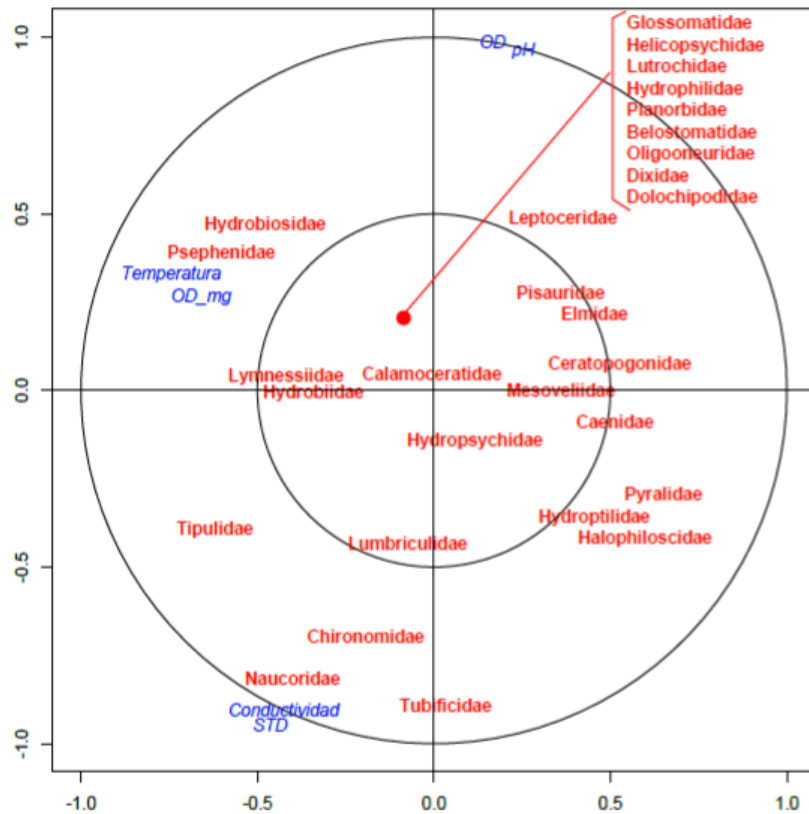


Figura 10. Análisis de correspondencia canónico tramo de baja actividad turística de la quebrada la Vieja.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 10, se muestra la relación que existe entre los parámetros físico-químicos y la distribución espacial de especies en el sector de baja actividad turística. Las familias *Psephenidae* e *Hydrobiosidae*, presentaron alta afinidad por el oxígeno disuelto y la temperatura, alejado de la conductividad y los STD, las familias con menor son las que se encuentran más próximas al centro de la circunferencia central lo que indica que no tiene una afinidad tan específica con factores fisicoquímicos. La familia *Psephenidae* e *Hydrobiosidae* que son indicadores de buena calidad, presentaron alta afinidad por el oxígeno disuelto y la temperatura, alejado de la conductividad y los STD, concordando con Roldan en el año 1999. Por otro lado, las variables fisicoquímicas que más afectan la distribución de familias, fueron la concentración de oxígeno disuelto, la temperatura, la conductividad y los TDS, lo que concuerda con el estudio de Custodio y colaboradores en el año 2016.

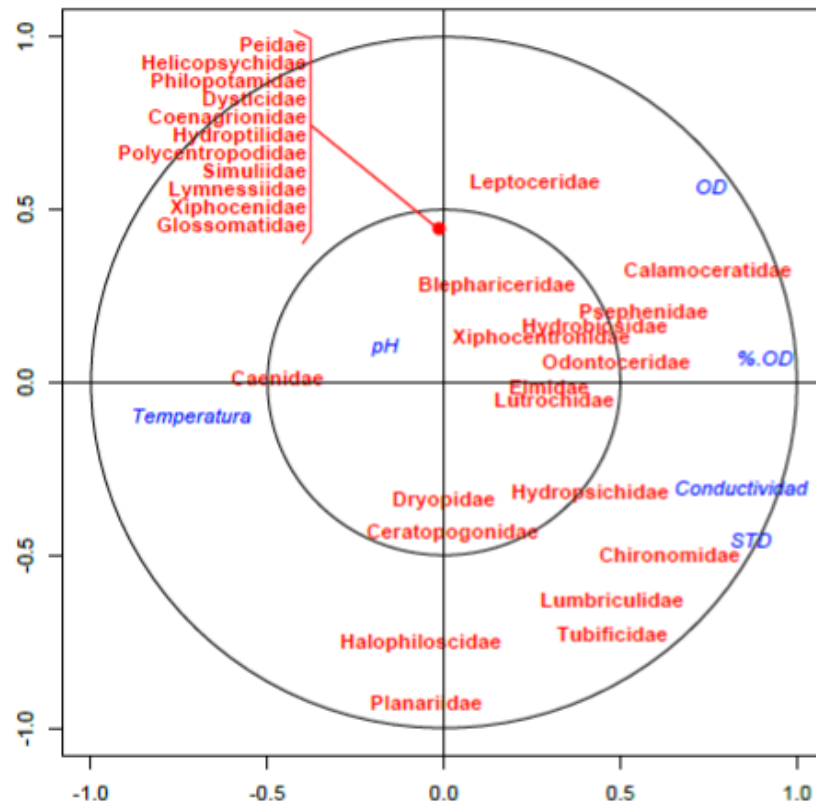


Figura 11. Análisis de correspondencia canónico tramo de alta actividad turística

Fuente: Elaboración propia.

La figura 11, muestra la relación que existe entre los parámetros físico-químicos y la distribución espacial de especies en el sector de baja actividad turística. La mayor cantidad de familias encontradas fueron afines a parámetros como la conductividad, STD y oxígeno disuelto. Las familias encontradas en este tramo son catalogadas como típicas de ecosistemas de intervención antropogénica, así lo describen Castellanos y Serrato en el año 2008. La familia más abundante fue la de *Chironomidae*, los cuales son detritívoros, es decir se alimentan de materia orgánica, lo que concuerda con Roldan, en donde sostiene que el sustrato influye. La mayor cantidad de familias encontradas fueron afines a parámetros como la conductividad, STD y oxígeno disuelto, lo que confirma lo dicho por Mancilla en el año 2009; donde encontró que la conductividad, el oxígeno y los sólidos disueltos son las variables que explican mejor el funcionamiento de los sistemas loticos.

#### **IV. CONCLUSIONES**

- Se determinó que la diversidad de macro-invertebrados varía en ambas zonas de marzo a mayo de 2018, en la zona no turística la diversidad es mayor respecto a la zona turística, evaluado mediante el índice de Margalef, indicando que la actividad turística tiene un impacto en el ecosistema de la quebrada La Vieja.
- Se comparó la calidad de agua mediante el puntaje BMWP dando buena para los dos tramos, evaluado de marzo a mayo de 2018.
- Se determinaron parámetros físico - químicos en una zona de actividad turística alta y una zona de actividad turística baja en la quebrada La Vieja. La conductividad, oxígeno disuelto y sólidos totales disueltos, son los factores que más influyen en la presencia o ausencia de las familias, la conductividad y sólidos disueltos totales, favorecieron la mayor abundancia y menor diversidad de familias, mientras que el oxígeno disuelto siendo indicador de buena calidad, favoreció la alta diversidad.

## **V. RECOMENDACIONES**

- Hacer más repeticiones para ver la confiabilidad de los datos.
- Ajustar más los valores de la fórmula para la muestra, lo que hará que salga una cantidad estaciones de monitoreo y por ende se tendrá más datos.
- Llegar hasta la identificación de especies para aplicar de manera adecuada los índices alfa.
- Aplicar otras metodologías para determinar la calidad de agua y compararlas.

## REFERENCIAS

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA. Reporte Técnico de Indicadores de Espacio Público 2017. Bogotá. 2017. [fecha de consulta: 25 de abril de 2018].

Disponible en: [observatorio.dadep.gov.co/sites/default/files/Reporte-tecnico-2-2017.pdf](http://observatorio.dadep.gov.co/sites/default/files/Reporte-tecnico-2-2017.pdf)

CALDERÓN Sáenz, Felipe. LA conductividad eléctrica -ce- y la conductividad eléctrica a granel -ceg- del suelo como base para la medición de la humedad del suelo. Bogotá:

CALDERÓN Sáenz, Felipe (2002) [fecha de consulta: 10 de marzo de 2018].

Disponible en:

[http://www.drcalderonlabs.com/Investigaciones/Conductividad/La\\_Conductividad\\_Electrica.htm](http://www.drcalderonlabs.com/Investigaciones/Conductividad/La_Conductividad_Electrica.htm)

CASTELLANOS, Pablo M., SERRATO, Clemencia. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en un nacimiento de río en el páramo de Santurbán, Norte de Santander entre septiembre del 2005 y febrero del 2006. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales [en línea]. Volumen 32, n 122. 2008. [fecha de consulta: 05 de marzo de 2018].

Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/266604904\\_DIVERSIDAD\\_DE\\_MACROINVERTEBRADOS\\_ACUATICOS\\_EN\\_UN\\_NACIMIENTO\\_DE\\_RIO\\_EN\\_EL\\_PARAMO\\_DE\\_SANTURBAN\\_NORTE\\_DE\\_SANTANDER](https://www.researchgate.net/publication/266604904_DIVERSIDAD_DE_MACROINVERTEBRADOS_ACUATICOS_EN_UN_NACIMIENTO_DE_RIO_EN_EL_PARAMO_DE_SANTURBAN_NORTE_DE_SANTANDER)

ISSN: 0370-3908.

CUSTODIO Villanueva, María, CHANAMÉ Zapata, Fernán C. Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú. Scientia Agropecuaria [en línea]. Volumen 7, n 1. 2016. [fecha de consulta: 05 de marzo de 2018].

Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v7n1/a04v7n1.pdf>

ISSN: 2077-9917.

DIRECCION GENERAL DE SALUD. Parámetros Organolépticos. [en línea]. [fecha de consulta: 15 de marzo de 2018].

Disponible en:  
[http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes\\_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf)

GRABCHAK M., MARCON E. The generalized Simpson's entropy is a measure of biodiversity. Plos One, Volumen 12, n 3. 2017.

GOBIERNO DE CANARIAS. Actividades turísticas [en línea]. [fecha de consulta: 15 de marzo de 2018].

Disponible en:  
[http://www.gobiernodecanarias.org/turismo/dir\\_gral\\_ordenacion\\_promocion/actividades\\_complementarias/index.html](http://www.gobiernodecanarias.org/turismo/dir_gral_ordenacion_promocion/actividades_complementarias/index.html)

IDEAM. Macroinvertebrados acuáticos, determinación taxonómica - conteo. 2006. Bogotá.

LA MOTTE COMPANY. Manual Kit La Motte. Equipo de bajo costo para Monitoreo de la Calidad del Agua. Editorial: Earth Force Green. 2010.

LAMPERT, W., SOMMER, U. Limnoecology, the ecology of lakes and streams.1999

LOZANO Ortiz, Liz. La bioindicación de la calidad del agua: importancia de los macroinvertebrados en la cuenca alta del río Juan Amarillo, Cerros Orientales de Bogotá. Umbral Científico [en línea]. 2015. [fecha de consulta: 10 de marzo de 2018].

Disponible en: <http://www.revista.ib.unam.mx/index.php/bio/article/view/745/685>  
ISSN: 1692-3375

MANCILLA, Gabriela, VALDOVINOS, Claudio, AZOCAR, Marysol, JORQUERA, Paula y FIGUEROA, Ricardo. Efecto del reemplazo de la vegetación nativa de ribera sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en arroyos de climas templados, Chile central. SciELO [en línea]. Volumen 19, n 3. 2009. [fecha de consulta: 04 de marzo de 2018].

Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/acbi/v31n91/v31n91a9.pdf>  
ISSN: 0188-8897

MINAM. Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. Lima: MINAM. 2014.

MORENO, Claudia E., BARRAGÁN, Felipe, PINEDA, Eduardo y PAVÓN, Numa P. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. Revista Mexicana de Biodiversidad [en línea]. Volumen 82, n 4. 2011. [fecha de consulta: 10 de marzo de 2018].

Disponible en: <http://www.revista.ib.unam.mx/index.php/bio/article/view/745/685>

ISSN-versión electrónica: 2007-8706

ISSN-impreso:1870-3453

MORENO E, Claudia. Métodos para medir la diversidad. España. M&T – Manuales y Tesis SEA. 2001. 86 pp.

ISBN: 1576 – 9526

NUGRA Salazar, F., SEGOVIA, E., BENITEZ, M. B., y REINOSO, D. Guía Metodológica para el Biomonitorio de Macroinvertebrados e Ictiofauna en la Cuenca del Río Napo, Ecuador. Ecuador: OTCA. 2016

Organización Mundial de la Salud. Guías para la calidad del agua potable. Suiza. OMS. 2006. 408 pp.

ISBN: 92-4-54696-4

PALOMINO Avellaneda, Pedro D. Macroinvertebrados acuáticos bentónicos (MAB) y su relación con la calidad del agua en el río Mashcón-Cajamarca, 2016. Tesis. [Título profesional de: Ingeniero ambiental]. Cajamarca: Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, 2016, 89 pp.

Disponible en:

<http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10671/Palomino%20Avellaneda%20c%20Pedro%20Diego.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

PATÍÑO Pescador, Gina A. Evaluación de la calidad del agua por medio de bioindicadores macroinvertebrados acuáticos en la Quebrada La Vieja. Tesis. [Título de



Tecnóloga en Saneamiento Ambiental]. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2015, 89 pp.

Disponible en:  
<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/4724/1/Pati%C3%B1oPescadorGinaAlejandra2015.pdf>

RODRÍGUEZ Barrios, Javier, OSPINA Torres, Rodolfo, GUTIÉRREZ, Juan D. y OVALLE, Hernando. Densidad y biomasa de macroinvertebrados acuáticos derivantes en una quebrada tropical de montaña (Bogotá, Colombia). *Caldasia* [en línea]. Volumen 29, n 2. 2007. [fecha de consulta: 15 de marzo de 2018].

Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/37402/1/39206-174448-1-PB.pdf>

ISSN: 0366-5232

ROLDÁN, G. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Fondo FENColombia- Conciencias - Universidad de Antioquia, Editorial Presencia Ltda. Santafé de Bogotá. 1988

ROLDÁN, G. Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales*. Volumen 23 n 88.1999. [fecha de consulta: 25 de marzo de 2018].

ISSN: 0370-3908

ROLDÁN Pérez, Gabriel. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Medellín. Universidad de Antioquia. 2003.170 pp.

ISBN: 958-655-081-8

ROLDÁN Pérez, Gabriel. Desarrollo de la limnología en Colombia: cuatro décadas de avances progresivos. *Revista Actualidades Biológicas* [en línea]. Volumen 31, n 91. 2009. [fecha de consulta: 01 de marzo de 2018].

Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/acbi/v31n91/v31n91a9.pdf>

ROLDÁN Pérez, Gabriel. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de la Academia*

Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales [en línea]. Volumen 40, n 155. 2016. [fecha de consulta: 01 de marzo de 2018].

Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v40n155/v40n155a07.pdf>

SAMBONI Ruiz, Natalia E., CARVAJAL Escobar, Yesid y ESCOBAR, Juan C. Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. SciELO [en línea]. Volumen 27, n 3. 2007. [fecha de consulta: 10 de marzo de 2018].

Disponible en:  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S012056092007000300019](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012056092007000300019)  
ISSN: 0120-5609

TUBIĆ, B., POPOVIĆ, N., RAKOVIĆ, M., PETROVIĆ, A., SIMIĆ, V., y PAUNOVIĆ, M.. Comparison of the effectiveness of kick and sweep hand net and Surber net sampling. Biological Sciences. 2016.

## ANEXOS

### FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

PUNTO		COORDENADAS UTM		
		ESTE:		
		NORTE:		
PARAMETROS				
FISICOS-QUIMICOS				
PARAMETRO		VALOR	UNIDAD	
ANCHO			m	
LARGO			m	
% OD			%	
pH			-	
OD			mg/l	
CONDUCTIVIDAD			uS/cm	
OBSERVACIONES				



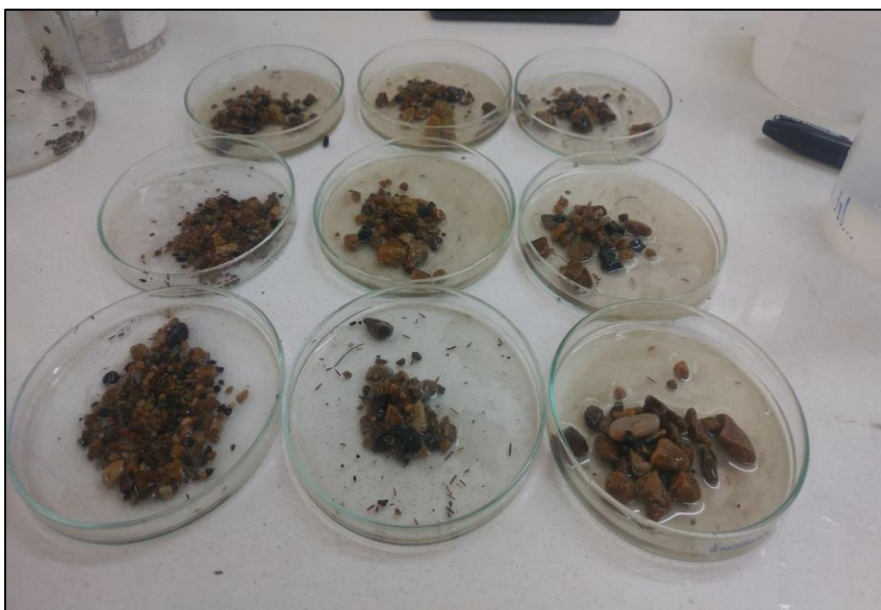
*Figura 12.* Identificación de familias en el estereoscopio, la familia que se visualiza en la figura con los Chironomidae

Fuente: Elaboración propia



*Figura 13.* Identificación de familias en el estereoscopio, la familia que se visualiza en la figura con los Lumbriculidae

Fuente: Elaboración propia.



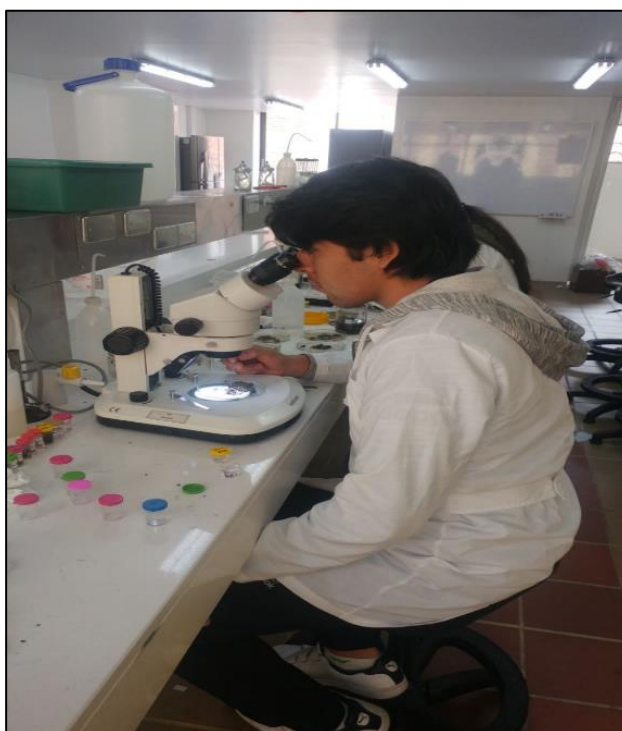
*Figura 14.* Dilución de la muestra en las placas Petri para ser vista posteriormente en el estereoscopio

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 15.* Etiquetado de placas con las familias identificadas

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 16.* Identificación de familias con ayuda del estereoscopio.

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 17.* Recolección de muestras utilizando las redes surber contruidas de manera artesanal.

Fuente: Elaboración propia.





*Figura 18.* Mapa de estaciones de muestreo para ambas zonas, el espacio que no tiene puntos hace mención al ecotono.

Fuente: Elaboración propia.